

Comparison of compressive stresses in masonry pieces and prisms with the CHOC of Honduras

Ada S. Rodríguez, Msc. en Ingeniería de estructuras¹, Jorge A. Msc. en Ingeniería de estructuras², and Rosa Alba Ordoñez, Msc. En gestión de proyectos de arquitectura y urbanismo³

¹FI, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) San Pedro Sula, Honduras, ada.rodriguez@unitec.edu.hn, ²FI, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) San Pedro Sula, Honduras, jasalinasn@unitec.edu, ³CEUTEC, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) San Pedro Sula, Honduras, rosa.ordonez@unitec.edu.hn

Abstract—*In the research below, an analysis is presented that has the different prisms and pieces of masonry to the compression efforts and axial compression. In order to compare the relationship between them. The process was carried out selecting different samples of both elements. These were taken to a laboratory where the different compressive stress and axial compression tests were performed. The result of the graphs shows that the stresses found in the piece-masonry are greater than those shown by the CHOC-08 equations. It is concluded that the materials used in Honduras for the prism are oversized, so it is recommended to continue carrying out tests to validate the data of the Honduran construction code.*

Keywords—*prism, piece of masonry, masonry. Compression efforts, axial compression.*

Resumen—*En la investigación a continuación, se presenta un análisis que tiene los diferentes prismas y piezas de mampostería ante los esfuerzos de compresión axial. Con el fin de comparar la relación entre ellos. El proceso se llevó a cabo seleccionando diferentes muestras de ambos elementos. Estos fueron llevados a un laboratorio donde se realizaron los diferentes ensayos de esfuerzos de compresión axial. El resultado de las gráficas muestra que los esfuerzos encontrados en la pieza-mampostería son mayores a los mostrados por las ecuaciones del CHOC-08. Se concluye que los materiales utilizados en Honduras para el prisma están sobredimensionados en piezas, por lo que se recomienda continuar realizando pruebas para validar los datos del código de construcción hondureño.*

Palabras clave—*prisma, pieza de mampostería, mampostería. Esfuerzos de compresión, compresión axial.*

I. INTRODUCCIÓN

La mampostería es producida a muchos niveles diferentes en cuanto a su calidad como ser: con máquinas sofisticadas, bajo estricto control industrial, en condiciones precarias, en condiciones variantes por distintas materias primas. Esto hace que las condiciones de sus pesos, módulos y más sean extremadamente variables por ende poco confiables [1]. La resistencia de la mampostería se ve limitada por el esfuerzo máximo de sus piezas, por lo que su resistencia es directamente proporcional [2]. Optimizando la resistencia de las piezas, obtendríamos un mejor diseño estructural. Se considera un componente básico en la construcción de

viviendas, hospitales, edificios comerciales y más. Este puede realizarse con múltiples materiales como ser: arcilla, concreto, mezcla con cal y se puede dividir en reforzada y no reforzada.

Determinar la relación del esfuerzo de prismas y piezas de mampostería de concreto y además comparar las ecuaciones de los parámetros propuestos por el CHOC-08 y los encontrados en esta investigación. La mampostería no reforzada la conforman las piezas de mampostería unidas por un mortero de liga reforzada con elementos de concreto reforzado, así como muestra la Fig. 1, alrededor de sus caras [3].

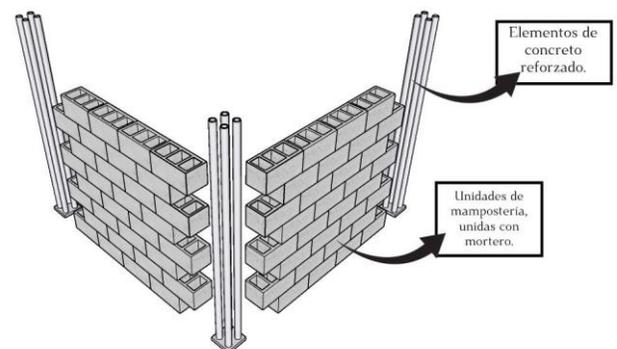


Fig. 1 Mampostería simple basado en [3]

En la mampostería no reforzada existen dos clasificaciones: muros no portantes y muros portantes los cuales detallamos a continuación.

Estos reciben únicamente cargas de su propio peso, siendo construidos con piezas de mampostería solidas o huecas como cargas horizontales solo se consideran las de sismo o viento que son producto de su misma existencia. Todo muro de mampostería confinada debe ser debidamente arriostrado de tal manera que no cause problemas en la mampostería Fig. 2. Para el diseño de los arriostres se debe garantizar su resistencia, estabilidad y conectividad para lograr transmitir los esfuerzos a elementos adyacentes o bien al suelo (cimentación) [4]

También podemos considerar elementos de borde a otros muros ortogonales o contrafuertes y pilastras. al igual que hacer uso también de concreto armado para poder realizar los apoyos requeridos [4]

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

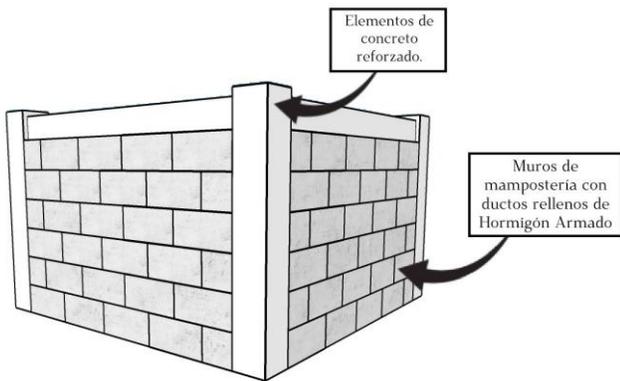


Fig. 2. Mampostería confinada basado en [3]

La mampostería reforzada está conformada por piezas huecas unidas con mortero y reforzadas internamente con barras y alambrones de acero Fig. 3.

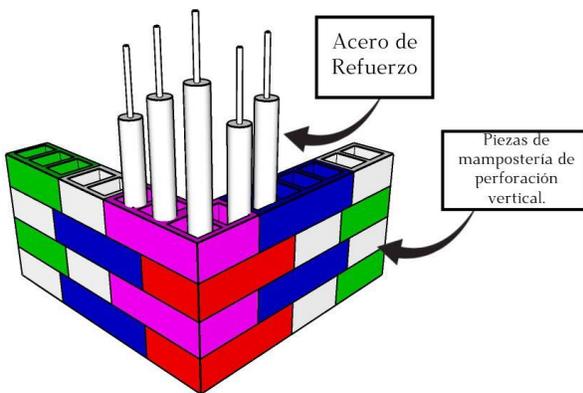


Fig. 3. Mampostería reforzada basado en [3]

En la mampostería armada se colocan varillas o mallas, dentro del mortero o concreto, para que todos los materiales puedan trabajar conjuntamente [6].

El refuerzo es también parte de la mampostería, este debe ser debidamente analizado por un diseñador ya que hay muchos casos y condiciones múltiples para los cuales es requerido [7]. Existen dos tipos de refuerzo: uno por funcionamiento y otro por solicitud de diseño. Fig.4.

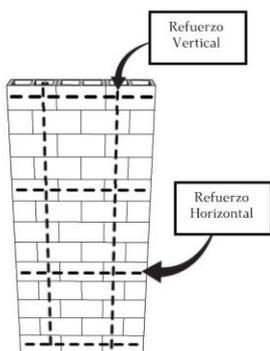


Fig. 4 Refuerzo horizontal y vertical basado en [7]

La pieza de mampostería de concreto[7] es una pieza prefabricada de concreto que se utiliza para elaborar mampostería, y es responsable de la mayoría de las características mecánicas y estéticas de los mismos. También pueden ser de ladrillos, mosaicos, piedras, bloques de vidrio o concreto que cumplen la norma del país como ser ASTM y [8]. En Honduras se usa para las piezas de concreto las normas [9] y [10]

El mortero es el medio que une cada elemento a través de juntas verticales y horizontales para formar una sola estructura [11]. Deberá realizarse con la mezcla diferentes materiales cementantes, agregados y agua suficiente para que sea manejable y suficientemente plástica [8]. Este está formado por cemento, cal, arena, agua y aditivos según [7].

La adherencia de pieza-mortero incrementa al aumentar la cantidad de cemento en el mortero [12]. También aumenta de acuerdo a la cantidad de agua en el mortero, esta debe ser tal que garantice la trabajabilidad y estado del agua en el mortero después del contacto con el bloque. Se utilizan 3 tipos de mortero para la liga de bloques en mampostería los más comunes los cuales varían en su dosificación y su resistencia a la compresión. La norma [13] aprueba los morteros tipo M, N, S como los más usados. Cada uno con diferentes características señaladas a continuación: 1) tipo M: alta resistencia en compresión y adherencia con unidades. 2) tipo S: moderada resistencia en compresión y adherencia con unidades. 3) tipo N: baja resistencia en compresión y adherencia con unidades.

La mampostería debe diseñarse y ejecutarse con los mejores estándares de calidad, por lo que para garantizar dicha calidad de este proceso se requiere de una supervisión técnica. Por lo cual se recomienda una supervisión independiente de la empresa ejecutora quien debe darle el debido seguimiento a la calidad de estos materiales [7]

El prisma es el conjunto de piezas de mampostería unidas con mortero, estas pueden ser rellenas o no rellenas y se utilizan para ensayos de laboratorio [8] Fig. 5.

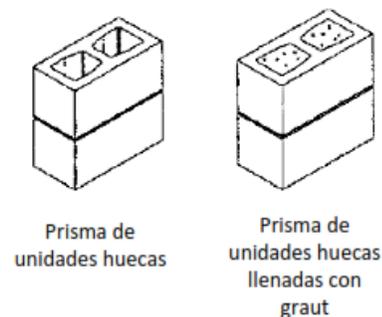


Fig. 5 Prisma de mampostería para prueba axial basado en [14].

Tanto el concreto convencional como las piezas de mampostería dan un valor máximo de deformación en función de su comportamiento ante esfuerzos verticales. Al aumentar el esfuerzo máximo a los 28 días de la pieza, a su vez, incrementa su módulo de elasticidad correspondiente, permitiendo la disminución de su ductilidad. Por lo que la falla se alcanza con una fuerza aplicada menor, para una deformación unitaria menor [15].

I. METODOLOGÍA

Los ensayos son realizados de acuerdo con la norma que cada país ha adoptado. Honduras por su parte utiliza las normas UBC-94 y ASTM. Los ensayos que se realizaran se muestran en la Fig. 6.

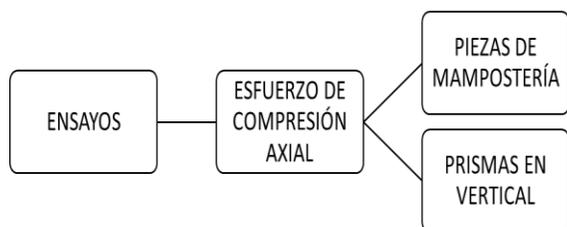


Fig. 6. Ensayos en piezas y prismas de mampostería
Fuente: Propia

Las pruebas axiales para prismas son realizadas por la norma [14], que provee la ecuación para la determinación del esfuerzo compresivo de los elementos de mampostería en función de los parámetros correspondientes a la resistencia nominal del elemento analizado. Se realiza apilando por lo menos 2 piezas en vertical combinada juntamente con los tipos de morteros M y S que se usan para estas estructuras.

Cada material utilizado ya sea compuesto o simple esta realizado bajo un procedimiento normado por una institución dedicada a la calidad de éstos, en este caso se toma de base según dicta el código hondureño de la construcción CHOC-08, que son las normas ASTM y UBC-94.

Las pruebas se toman como unidades enteras, libres de imperfecciones del lote, como especímenes de ensayo. Sus características geométricas tuvieron formas y tamaños similares.

Para este estudio se tomó la cantidad de muestras según lo indica la tabla 1. En total fueron 3 piezas. 1 para la prueba de resistencia a la compresión, y 2 para la prueba de compresión axial.

TABLA 1
DESGLOSE DE ENSAYOS

NORMA	ÍTEM	MUESTRAS			
		HUECOS		RELLENOS	
RESISTENCIA A COMPRESIÓN					
C-129	ESFUERZO AXIAL (1 PIEZA)	3		3	
COMPRESIÓN AXIAL					
		M	N	M	N
C-129	ESFUERZO AXIAL PRISMA (2 PIEZAS)	3	3	3	3

Los elementos de mampostería ensayados son prismas rectangulares con dos aberturas internas (rectángulos con semicírculos en sus extremos cortos) y muestran simetría en todos sus ejes. Sus dimensiones estándares son 6x16x16 pulgadas y las dimensiones reales son aproximadamente de 5.7x16x15.7 pulgadas. La sección transversal del bloque posee un área efectiva de 45.24 pulgadas² para las unidades huecas y 85.08 pulgadas² para las rellenas. Bloque ASTM-C129; una vez tomada la muestra esta permaneció 1 día en el cuarto de curado + 1 día en el patio. Hasta alcanzar una resistencia mínima de 800 PSI. Fig. 7 y Fig. 8.



Fig. 7. Bloque C-129
Fuente: Propia



Fig. 8. Bloque relleno C-129
Fuente: Propia

Los prismas se realizaron huecos y utilizando relleno en uniones bajo la norma [16], ligadas con morteros de tipo M, N, que cumplieron la norma [13] ver la Tabla 2.

TABLA 2
DOSIFICACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO

Mortero Tipo	Cemento Portland	Arena/Cemento	
		Min	Max
M	2	2.25	2.5
N	1	3	4

Se rellenaron tres bloques (ASTM-C129, 03) con lechada que cumplió la norma (ASTM-C476, 02) como se observa en la Tabla 3.

TABLA 3
ESPECIFICACIONES POR PROPORCIÓN DEL CONCRETO

Tipo de concreto	Proporción por volumen		
	Cemento	Arena	Grava
Grueso	1	2.25 a 3	1 a 2

Para este procedimiento se tomaron 12 especímenes con piezas C-129 para elaborar columnas de dos piezas tal como se ve en la Fig. 9, con cada tipo de mortero (M, N) respectivamente. El mismo procedimiento se siguió, con las piezas rellenas de lechada.



Fig. 9. Prisma hueco embalado para su curado
Fuente: Propia

Se esperó 28 días para que los morteros en los prismas llegaran a su resistencia máxima. Se colocó la muestra dentro

de la prensa axial, de modos que el centro de masa de su soporte este alineados verticalmente con el centro de carga del bloque. Colocándole un reloj de precisión sobre la placa de distribución de fuerza superior, para poder medir su deformación. Esta máquina registró la fuerza aplicada que dividida entre su área neta nos dio el esfuerzo resistente del bloque.

La resistencia de esfuerzos compresivos en el área neta se obtiene mediante la ecuación (1)

$$E: P/A \tag{1}$$

Dónde:

E= Esfuerzos de resistencia compresivos.

P= Carga máxima aplicada.

An = Área neta promedio de la muestra.

La resistencia de esfuerzos compresivos en el área bruta se obtiene mediante ecuación (2)

$$E: P/Ag \tag{2}$$

Dónde:

E= Esfuerzos de resistencia compresivos.

P = Carga máxima aplicada

Ag = Área bruta de la muestra.

Para establecer la resistencia de esfuerzos a compresión, se realizaron 3 muestras. La metodología para llevar a cabo este proceso fue ubicando la muestra dentro de la máquina de compresión axial, alineando soporte de piezas verticalmente con el punto de carga del bloque. Colocándole un reloj de precisión sobre la placa de distribución de fuerza superior, para poder medir su deformación. Esta máquina registró la fuerza aplicada que dividida entre su área neta nos dio el esfuerzo resistente del bloque.

La prueba de resistencia de esfuerzos compresivos axiales en elementos prismáticos se llevó a cabo a partir de la normativa [14], la cual se resume a continuación.

48h antes de este ensayo se eliminó la bolsa que los ha mantenido cubiertos. Una vez cumplidos 28 días se procedió a tomar las medidas como se muestran en la Fig 10. Su longitud, ancho, inferior, superior en ambas caras. Su longitud y ancho se tomaron del promedio de las 4 caras medidas, su altura se determina de la altura del centro de ambas caras, y así obtener el promedio de 4 alturas medidas.

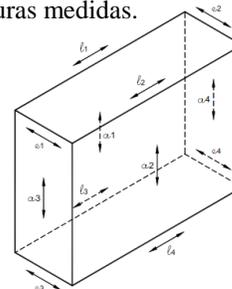


Fig. 10. Localización de mediciones de prisma

Al colocar el prisma en la máquina que se utiliza para el ensayo de tres apoyos, este se colocó coincidiendo su centroide con el pistón de dicha máquina. Todos sus lados de contacto fueron libres de escorias y limpiadas hasta ser removidas.

Se calculó un factor de relación de esbeltez para cada prisma, con la altura y el espesor menor de la muestra. Una vez calculado se tomó el factor para corregir como se muestra en la Tabla 4, e interpolando para su valor más exacto, se multiplico por el esfuerzo encontrado.

Tabla 4
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL PRISMA

a/e	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: (ASTM-C1314, 2003)

Dónde: a/e = Relación entre la altura y espesor del muro.

III. RESULTADOS

El esfuerzo a compresión de la mampostería se establece con el esfuerzo máximo promedio dado en la Tabla 5.

Tabla 5
ESFUERZO DE COMPRESION DE LA MAMPOSTERÍA

PRISMAS HUECOS N	129NU1=51	129NU2=52	129NU3=53	ESFUERZO O PROM (PSI)
ESFUERZO	1643.12	1376.36	1734.63	1584.71
PRISMAS HUECOS M	129MU1=7	129MU2=8	129MU3=9	ESFUERZO O PROM (PSI)
ESFUERZO	1543.75	1901.65	1067.49	1504.30
PRISMAS RELLENOS N	129NR1=42	129NR2=43	129NR3=43	ESFUERZO O PROM (PSI)
ESFUERZO	1738.91	1865.15	1867.28	1283.78
PRISMAS RELLENOS M	129MR1=10	129MR2=11	129MR3=12	ESFUERZO O PROM (PSI)
ESFUERZO	1884.98	1882.52	1676.66	1814.72

Las piezas de mampostería como se vio se fabrican basándose en normas que regulan su resistencia axial mínima, esta resistencia se verá afectada por la composición final de la

mampostería, que comprende todas las hiladas de piezas, mortero de liga y lechada de relleno. La relación entre la resistencia a la compresión de las piezas y los prismas analizados en las mismas condiciones, dan como resultado lo tabulado en la Tabla 6.

Tabla 6
RELACION COMPRESIÓN PIEZA MAMPOSTERÍA

Esfuerzos	Piezas Huecas	Prismas Huecos N	Factor de Relación
o Prom	1190,02	1584,71	1,33
Esfuerzos	Piezas Huecas	Prismas Huecos M	Factor de relación
o Prom	1190,02	1504,30	1,25
Esfuerzos	Piezas Rellenas	Prismas Rellenos N	Factor de Relación
σ Prom	1304,07	1823,78	1,40
Esfuerzos	Piezas Rellenas	Prismas Rellenos M	Factor de Relación
σ Prom	1304,07	1814,72	1,39

De acuerdo con la norma [14], se realizaron tres ensayos para determinar cuál es la resistencia promedio de los prismas elaborados con bloque común (no estructural) en San Pedro Sula. También se puede apreciar un incremento de esfuerzo como se ve en la Fig.11, con el aporte de la lechada a las piezas huecas

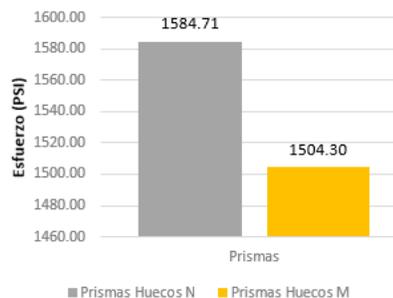


Fig. 11. Esfuerzo en prismas (Psi)
Fuente: Propia

El esfuerzo de cada pieza se ve afectado cuando se realizan sus respectivos prismas con diferentes morteros y lechadas, incrementando su capacidad axial.

La resistencia a la compresión de la pieza se determina a través del esfuerzo promedio que se obtiene en la Tabla 7.

TABLA 7
RELACION A COMPRESIÓN DE PIEZA

Piezas Huecas	129U1#30	129U2#31	129U3#32	Esfuerzos (σ Prom (PSI))
Esfuerzo (σ (psi))	1236.63	1142.90	1190.54	1190.02
Piezas Rellenas	129R1#33	129R2#34	129R3#35	Esfuerzos (σ Prom (PSI))
Esfuerzo (σ (psi))	1463.92	1342.56	1105.72	1304.07

IV. CONCLUSIÓN

La relación entre la resistencia a la compresión de la pieza y la mampostería varía de acuerdo con la liga. Variando su relación de resistencia prisma/pieza de un 30% a un 40%.

Se tiene una variación de resistencia producto de los morteros de liga (M, N), y se ve que los prismas huecos mejoran con un mortero de menor resistencia.

En la Fig. 12 los parámetros de diseño propuestos por el ‘Código Hondureño de la construcción’ [8] nos proponen resistencias de piezas y mampostería como se ve en las gráficas de la derecha. Las otras gráficas de la izquierda son los esfuerzos encontrados en esta investigación.

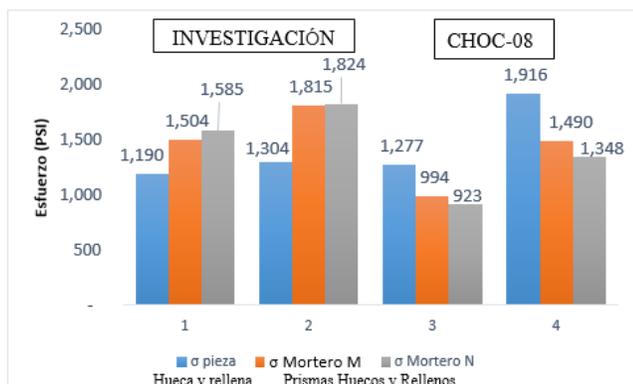


Fig. 12. Relación de esfuerzo pieza-prisma con mortero
Fuente: Propia

Los esfuerzos de las piezas comerciales en nuestro país difieren de los propuestos por el ‘Código Hondureño de la construcción’ [8] tanto en magnitud como en comportamiento de la mampostería, incrementando su resistencia de acuerdo al mortero colocado. Y los propuestos decrece su resistencia axial respecto a la de la pieza.

La relación entre la resistencia a la compresión de la pieza y la mampostería hueca es de 1.30 y para la mampostería rellena es 1.40 incrementando su capacidad axial.

Las ecuaciones del CHOC-08 establecen esfuerzos en mampostería menores que la pieza, contrario a lo encontrado. Por lo que la industria de Honduras realiza estructuras rígidas y sobre valoradas.

REFERENCES

- [1] H. Gallegos y C. Casabonne Rasselet, *Albañilería estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial, 2005. Accedido: 11 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181453>
- [2] M. Jaafar, W. Thanoon, A. Najm, M. Abdulkadir, y A. Ali, «Strength correlation between individual block, prism and basic wall panel for load bearing interlocking mortarless hollow block masonry», *Constr. Build. Mater. - CONSTR BUILD MATER*, vol. 20, pp. 492-498, sep. 2006, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2005.01.046.
- [3] L. O. Arias Cando, G. E. Mejía Ayala, D. M. Mora Calvopiña, F. S. Rivadeneira Flores, y D. K. Santiana Cualchi, «Investigación del comportamiento mecánico y elástico de mamposterías con resistencia estructural para ser utilizadas en la construcción de viviendas de un piso y proyección de dos.», 2012, Accedido: 11 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/518>
- [4] R. Gamarra Castañeda, «Ayudas para el diseño estructural de albañilería con fuerzas normales al muro», 2001.
- [5] N. CHILENA, «NCh2123:1997 Mod 2003», *eCommerce INN*. <https://ecommerce.inn.cl/nch21231997-mod-200344449> (accedido 1 de febrero de 2023).
- [6] O. F. Proaño Cárdenas y M. J. Ortiz Gamboa, «Ensayos a carga horizontal de mamposterías reforzadas con el sistema constructivo FC-BLOCK», bachelorThesis, QUITO/ EPN/ 2007, 2007. Accedido: 11 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/318>
- [7] A. M. Herrera V., *Manual de construcción de mampostería de concreto* /, 1. edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2001.
- [8] «CÓDIGO HONDUREÑO DE CONSTRUCCIÓN». <https://www.tsc.gob.hn/biblioteca/index.php/codigos/427-codigo-hondureno-de-construccion> (accedido 11 de enero de 2023).
- [9] A. INTERNATIONAL, «ASTM C90-09 - Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units». <https://webstore.ansi.org/standards/astm/astmc9009> (accedido 11 de enero de 2023).
- [10] A. INTERNATIONAL, «Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units». <https://www.astm.org/c0129-17.html> (accedido 11 de enero de 2023).
- [11] W. M. C. McKenzie, *Design of Structural Masonry*, 2001st edition. Basingstoke, Hampshire ; New York, N.Y: Palgrave, 2001.
- [12] L. Fernández Baqueiro, F. Marín Gómez, J. Varela Rivera, y G. Vargas Marín, «Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto», *Ing. Mérida Yuc*, vol. 13, n.º 2, Art. n.º 2, 2009.

- [13] A. INTERNATIONAL, «Standard Specification for Mortar for Unit Masonry». <https://www.astm.org/c0270-03.html> (accedido 25 de enero de 2023).
- [14] M. Tas, «Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens) 1», Accedido: 11 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/30268208/Standard_Test_Method_for_Compressive_Strength_of_Hydraulic_Cement_Mortars_Using_2_in_or_50_mm_Cube_Specimens_1
- [15] J. M. García Giraldo, R. L. Bonett Díaz, y C. Ledezma Araya, «Modelo Analítico del Comportamiento a Compresión de Bloques Huecos de Concreto», *Rev. Constr.*, vol. 12, n.º 3, pp. 76-82, dic. 2013, doi: 10.4067/S0718-915X2013000300009.
- [16] «Standard Specification for Grout for Masonry». <https://www.astm.org/c0476-22.html> (accedido 1 de febrero de 2023).